

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕОЛИТА НА УРОЖАЙНОСТЬ РАПСА И КАЧЕСТВО МАСЛА,  
ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ЕГО СЕМЯН

## THE EFFECT OF ZEOLITE APPLICATION ON RAPE YIELD AND RAPESEED OIL QUALITY

**Ключевые слова:** масло, цеолиты, жирнокислотный состав масла, рапс, качество.

Содержание жирных кислот в растительных маслах является важным параметром, который определяет его биологическую ценность. Жирнокислотный состав растительных масел зависит от многих факторов, одним из них является применение в технологии возделывания сельскохозяйственных культур удобрений. Целью работы являлось изучение формирования урожайности ярового рапса и показателей качества полученного из его семян масла при внесении разных доз цеолита. Установлено, что максимальную прибавку в урожайности по сравнению с контролем обеспечивал вариант, где применяли в качестве удобрения цеолит в дозе 5 т/га, которая составила 1,2 ц/га. Но экономически более выгодно внесение природного минерала в дозе 3 т/га, т.к. разница в урожайности с использованием цеолита 5 т/га составила всего 0,2 ц/га, при этом цеолита расходуется в 1,7 раза меньше. Отмечена динамика по накоплению всех изучаемых жирных кислот в образцах масла на вариантах с применением природного цеолита. Внесение дозы 3 т/га цеолита способствовало накоплению жирных кислот в полученных образцах растительного масла по сравнению с контрольным вариантом и не имело отклонений от нормы. В образцах масла данного варианта установлен следующий убывающий ряд жирных кислот:  $C_{18:1n9c} > C_{18:2n6c} + C_{18:2n6t} > C_{18:3n6} > C_{16} > C_{18} > C_{20:1} > C_{20:2} > C_{14} > C_{12}$ .

**Keywords:** oil, zeolites, oil fatty acid composition, rape, quality.

The content of fatty acids in vegetable oils is an important parameter that determines its biological value. The fatty acid composition of vegetable oils depends on many factors; one of them is the application of fertilizers in the technology of cultivation of agricultural crops. The research goal was to study the formation of the yield of spring rape and the quality indices of the oil obtained from its seeds when applying different rates of zeolite. It was found that the maximum increase in yield (0.12 t ha) in comparison with the control was provided by the variant where zeolite was used as a fertilizer at a rate of 5 t ha. But it is more economically advantageous to apply a natural mineral at a rate of 3 t ha, since the difference in yield with the use of 5 t ha zeolite was only 0.02 t ha, while 1.7 times less zeolite was consumed. The dynamics of the accumulation of all the studied fatty acids in the oil samples in the variants with the use of natural zeolite was revealed. Zeolite application at a rate of 3 t ha of contributed to the accumulation of fatty acids in the obtained samples of vegetable oil as compared to the control and had no deviations from the standards. In the oil samples of this variant, the following decreasing series of fatty acids was found:  $C_{18:1n9c} > C_{18:2n6c} + C_{18:2n6t} > C_{18:3n6} > C_{16} > C_{18} > C_{20:1} > C_{20:2} > C_{14} > C_{12}$ .

**Зубкова Татьяна Владимировна**, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», г. Елец, Российская Федерация, e-mail: ZubkovaTanua@yandex.ru.

**Виноградов Дмитрий Валериевич**, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева», г. Рязань, Российская Федерация, e-mail: vdv-rz@rambler.ru.

**Zubkova Tatyana Vladimirovna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Bunin Yelets State University, Yelets, Russian Federation, e-mail: ZubkovaTanua@yandex.ru.

**Vinogradov Dmitriy Valeriyevich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russian Federation, e-mail: vdv-rzn@rambler.ru.

## Введение

Пищевое растительное масло является важным питательным веществом и главным источником энергии. Растительные масла содержат около 95-97% триацилглицеридов жирных кислот, которые и определяют его биологическую ценность. По химическому составу они имеют отличия, в результате чего их делят на 2 группы: насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Важную значимость имеют полиненасыщенные

жирные кислоты, а именно незаменимые жирные кислоты – омега-3, омега-6, омега-9.

Жирнокислотный состав масличных культур важен как в технологическом, так и в питательном отношении [1]. Учёными установлено, что продолжительность жизни людей во многом зависит от того, какие именно жирные кислоты преобладают в их рационе, так как они могут быть как полезными, так и вредными, поэтому

изучение жирнокислотного состава растительных масел считается крайне важным.

Существует много способов повышения качества масла, включая селекционные, химические, биотехнологические, микробиологические и агрономические методы. Большое значение на качество и выход масла влияют время уборки, период развития семян, местные почвенно-климатические условия, в то время как сорт семян оказывает ограниченное влияние [2].

На содержание жирных кислот оказывают определённое влияние и минеральные удобрения. Азотные удобрения приводят к уменьшению количества ненасыщенных жирных кислот в масле, а фосфорные и калийные – к их увеличению.

Использование цеолитсодержащих пород в растениеводстве сегодня является весьма актуальным агроприёмом. Это безопасное с экологической точки зрения удобрение, которое насыщает почву микроэлементами, делает её воздухопроницаемой и влагоёмкой [3, 4]. Главное свойство цеолитов поглощать, а потом отдавать воду при заданных параметрах температуры и влажности. Особенностью природных цеолитов является улучшение режима азотного питания, уменьшение содержания тяжелых металлов и радионуклидов [5].

**Цель работы** – изучить формирование урожайности ярового рапса и показатели качества полученного из его семян масла при внесении разных доз цеолита.

### Объекты и методы

Сырьём для изучения показателей качества масла служили образцы, полученные в ходе полевого эксперимента из семян рапса сорта Риф, согласно схеме опыта: 1 – Контроль; 2 – Цеолит 3 т/га; 3 – Цеолит 5 т/га. Опыт проведен в условиях опытного поля Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина в 2019-2020 гг. Почва опытного участка – чернозём выщелоченный. Содержание гумуса – 5,7-5,8%, общее содержание азота – 0,28-0,29%, фосфора – 196,2-198,3 мг/кг, калия – 114,7-115,0 мг/кг. Применяли природные цеолиты Тербунского месторождения Липецкой области. Агротехника выращивания ярового рапса общепринятая для ЦЧР.

Исследования показателей качества растительного масла проводили в условиях научно-исследовательской агрохимической лаборатории ЕГУ им. И.А. Бунина. В опыте использовали

образцы нерафинированного масла холодного отжима, полученного в лабораторных условиях. Анализ жирнокислотного состава растительного масла провели хроматографическим методом [6] на Кристалле 2000 М, колонка CR-WAXms.

### Экспериментальная часть

В начале эксперимента был изучен минеральный состав природного цеолита (масс %): Na (0,1), Mg (0,9), Al (9,4), Si (21,3), P (0,4), S (0,3), K (1,6), Ca (0,8), Fe (2,3), Co (9,5), Ni (3,4), Cu (0,3), Zn (1,1), Mo (1,2) (рис. 1). Установлено, что образцы цеолита Тербунского месторождения характеризовались высоким содержанием минералов, преобладающим из которых был кремний.

Ряд элементов в образцах цеолитовой породы имеют убывающий характер: Si>Al≈Co>Mo>Ni>Fe>K≈Zn>Mg>Ca>P>Mn>Cu>S>Na>Cr.

Проведённые полевые исследования показали положительный результат по включению в технологию возделывания ярового рапса природных цеолитов, так как их внесение способствовало увеличению урожайности ярового рапса. Внесение 3 т/га цеолита обеспечивало прибавку урожайности рапса на 1,0 ц/га, а внесение 5 т/га цеолита – на 1,2 ц/га, при урожайности на контрольном варианте 14,9 ц/га.

Растения рапса на вариантах с внесением природного минерала характеризовались более развитой вегетативной массой и мощной корневой системой. Высота стеблестоя на контрольном варианте составляла 93,2-96,7 см, на вариантах с внесением цеолита 3 т/га – 122,0-127,3 см и 5 т/га – 128,6-130,1 см. Масса корневой системы растений при внесении цеолитов 3 т/га увеличивалась по отношению к контролю на 75,6%, а 5 т/га – на 80,3%.

Внесение цеолитов положительно отразилось и на увеличении площади листового аппарата растений ярового рапса. В фазу розетки данный показатель составил на контрольном варианте 68,5-69,3 см<sup>2</sup>, при внесении природных цеолитов 3 т/га – 81,5-86,2 см<sup>2</sup> и 5 т/га – 89,5-92,1 см<sup>2</sup>.

Качественный анализ маслосемян рапса показал, что по отношению к контролю на изучаемых вариантах содержание масла в семенах увеличивалось на 0,15%, а белка снижалось в среднем на 0,12%. На контрольном варианте содержание жира в семенах составляло 41,41%, белка – 26,56% (рис. 2).

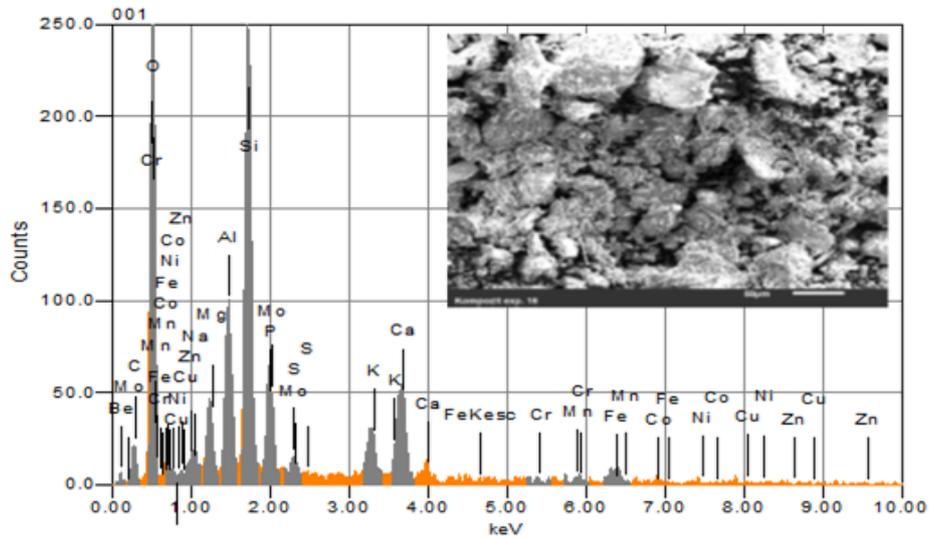


Рис. 1. Минеральный состав цеолита Тербунского месторождения

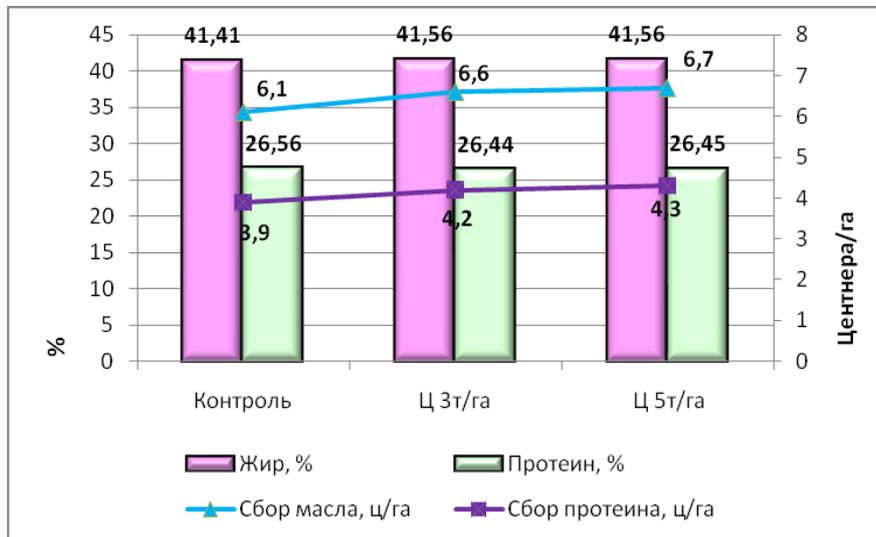
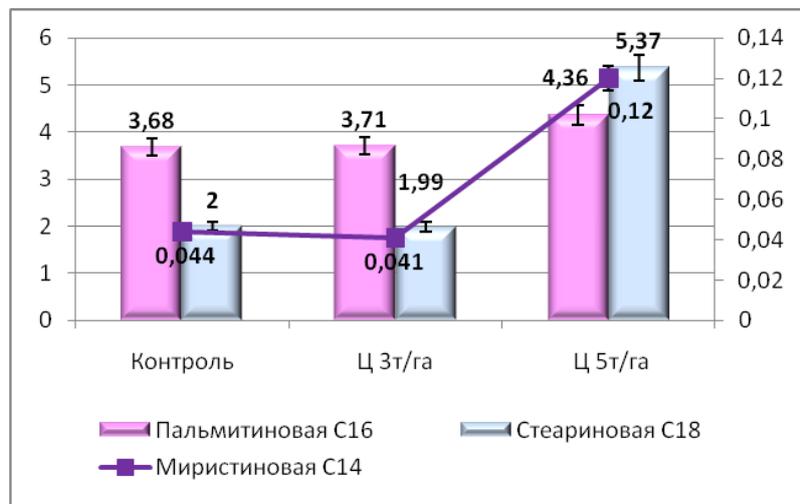


Рис. 2. Влияние природного цеолита на содержание жира и белка в семенах ярового рапса, среднее за 2019-2020 гг.



НСР<sub>05</sub> %: 2019 г. – 0,02; 2020 г. – 0,05

Рис. 3. Содержание насыщенных жирных кислот в рапсовом масле, % (среднее за 2019-2020 гг.)

Были определены физико-химические, органолептические показатели и жирнокислотный состав полученных образцов рапсового масла. В результате органолептического анализа установлено, что все образцы рапсового масла отличались лёгким помутнением, запах масла был соответствующий, без посторонних запахов, а цвет тёмно-жёлтый, что соответствовало требованиям ГОСТ 31759-2012.

Физико-химические показатели всех образцов рапсового масла также соответствовали требованиям нормативных документов и находились в пределах норм: кислотное число – 2,5-2,8 мг КОН/г; массовая доля не жировых примесей – 0,19-0,20%; массовая доля фосфоросодержащих веществ – 413-417 мг/кг; массовая доля влаги и летучих веществ – 0,08-0,09%; перекисное число – 1,0-1,3 ммоль активного кислорода/кг; массовая доля эруковой кислоты – 0,6-0,7% к сумме жирных кислот.

Изучение жирнокислотного анализа полученного масла из семян ярового рапса в ходе опыта позволило установить различия в их составе по вариантам исследования.

При этом отмечена динамика по накоплению жирных кислот в образцах масла на вариантах с применением природного цеолита по отношению ко всем изучаемым кислотам. Установлено, что максимальным эффектом по накоплению жирных кислот отличался образец масла, полученный в результате применения природного цеолита в качестве удобрения в технологии возделывания ярового рапса в дозе 5 т/га.

Насыщенные кислоты в умеренном количестве не представляют угрозы здоровью человека, а наоборот, благоприятно влияют на работу внутренних органов.

Лауриновая кислота ( $C_{12}$ ) встречается как в растительных, так и животных жирах. Является триглицеридом средней цепи, поэтому легче всасывается в организм и имеет много полезных для здоровья преимуществ. Максимальное её количество отмечалось в образцах масла варианта с применением цеолита 5 т/га – 0,02%.

Среди насыщенных жирных кислот самым сильным действием, повышающим холестерин, является миристиновая ( $C_{14}$ ). Данная кислота по вариантам находилась в пределах нормы (0,2%) и в среднем составила 0,044-0,12 % (рис. 3).

Пальмитиновая кислота ( $C_{16}$ ) представляет наибольшую опасность среди всех изучаемых насыщенных жирных кислот. Данная кислота

хотя и находилась в пределах норм во всех образцах масла, но в масле варианта с применением цеолита 5 т/га отмечалось её резкое увеличение по отношению к контролю на 0,68%.

Стеариновая жирная кислота ( $C_{18}$ ) широко распространена в природе, используется в качестве пищевой добавки в пищевой промышленности, имеющей индекс «Е 570 Жирные кислоты». Но злоупотреблять продуктами, насыщенными данной кислотой, не стоит. Установлено резкое увеличение данной кислоты в образцах масла варианта с применением цеолита 5 т/га на 3,37% по отношению к контролю (2,0%). В образцах масла варианта с применением цеолита 3 т/га содержание стеариновой кислоты находилось на уровне контроля – 1,99%.

Полиненасыщенные жирные кислоты группы омега-6 стабилизируют обменные процессы в организме. Жирные кислоты данной группы поддерживают целостность клеточных мембран, осуществляют синтез гормоноподобных веществ и способствуют улучшению функционального состояния кожи.

Качество пищевых масел зависит от ненасыщенных жирных кислот, особенно линолевой и линоленовой, т.к. эти кислоты являются незаменимыми жирными кислотами для организма человека, которые должны попадать с пищей [7]. Содержание данных кислот соответствовало требованиям нормативных документов (рис. 4).

Содержание эйкозодиеновой кислоты ( $C_{20:2}$ ) в образцах масла вариантов Контроль и Цеолит 3 т/га находилось в пределах нормы (не более 0,1%) и только в образце масла варианта Цеолит 5 т/га отмечалось отклонение от стандарта на 0,083%.

Омега-9 жирные кислоты в организме человека выполняют энергетическую, пластическую, противовоспалительную и структурную функции. Эти кислоты являются условно-заменимыми, потому что они способны синтезироваться из ненасыщенных жиров.

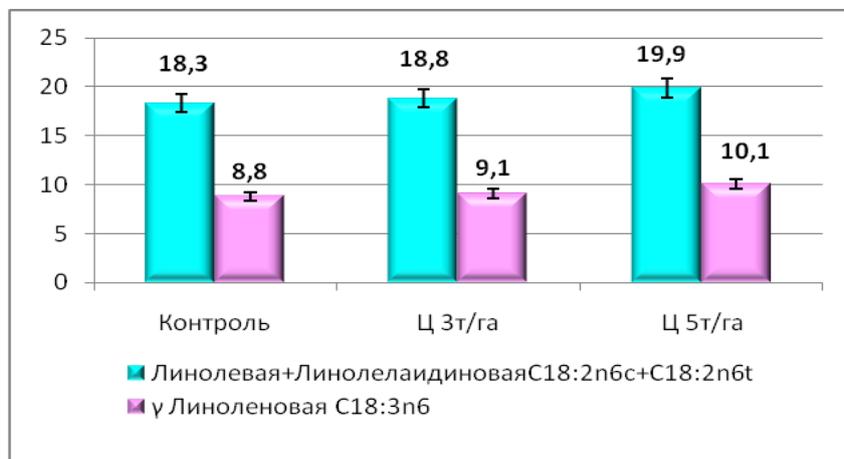
Самым главным представителем омега-9 жирных кислот является олеиновая кислота, содержание которой было выше в образцах масла изучаемых вариантов с применением цеолита 3 и 5 т/га, составив, соответственно, 43,9 и 44,3% (рис. 5).

Вероятнее всего, присутствие высокого процента кремния в цеолитах, активные формы которого при внесении в почву способствовали повышению жизнеспособности растений на

уровне ДНК и усиливали устойчивость к физиологическим стрессам, в совокупности положительно отражалось на урожайности культуры и на качестве рапсового масла.

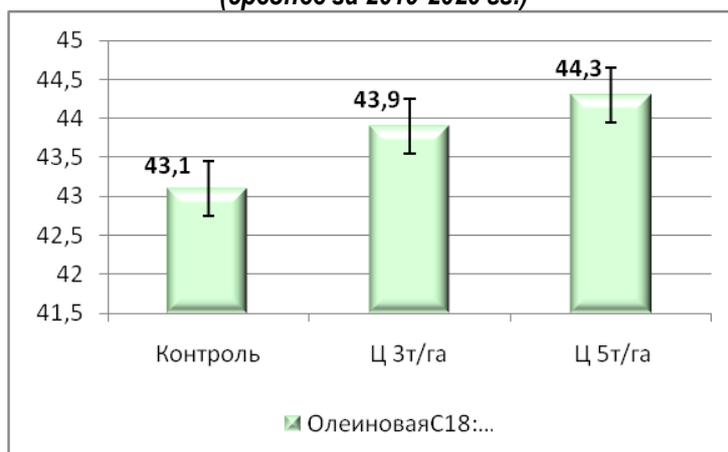
Для оценки соотношения жирных кислот в растительном масле ярового рапса были рас-

считаны коэффициенты корреляции (табл.), анализ которых показал, что все жирные кислоты имели высокую корреляционную зависимость. Только олеиновая кислота на фоне всех изучаемых жирных кислот имела среднюю корреляционную зависимость  $r = 0,729-0,798$ .



НСР<sub>05</sub> %: 2019 г. – 1,2; 2020 г. – 0,9

Рис. 4. Омега-6 жирные кислоты в масле, полученном из семян ярового рапса, % (среднее за 2019-2020 гг.)



НСР<sub>05</sub> %: 2019 г. – 0,3; 2020 г. – 0,1

Рис. 5. Содержание олеиновой кислоты в масле, полученном из семян ярового рапса, % (среднее за 2019-2020 гг.)

Таблица

Корреляционная связь между жирными кислотами в рапсовом масле

Жирные кислоты	C <sub>14</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>18</sub>	C <sub>18:2n6c</sub> +C <sub>18:2n6t</sub>	C <sub>18:3n6</sub>	C <sub>20:2</sub>	C <sub>18:1n9c</sub>	C <sub>20:1</sub>
C <sub>12</sub>	0,999	0,999	1,0	1,0	0,999	0,999	0,755	0,999
C <sub>14</sub>		0,999	0,999	0,994	0,998	0,998	0,733	0,999
C <sub>16</sub>			0,997	0,994	0,998	0,998	0,729	0,998
C <sub>18</sub>				0,997	0,999	0,999	0,755	0,999
C <sub>18:2n6c</sub> +C <sub>18:2n6t</sub>					0,998	0,998	0,798	0,998
C <sub>18:3n6</sub>						0,999	0,767	0,999
C <sub>20:2</sub>							0,764	0,999
C <sub>18:1n9c</sub>								0,759

Способность к регулированию жирнокислотного состава в растительных маслах на этапе возделывания масличных культур путем использования цеолита является важным технологическим приёмом.

### Заключение

Установлено, что максимальную прибавку в урожайности по сравнению с контролем обеспечивал вариант, где применяли в качестве удобрения цеолит в дозе 5 т/га, которая составила 1,2 ц/га. Но с экономической точки зрения наиболее выгодно внесение природного минерала в дозе 3 т/га, т.к. разница по урожайности с использованием цеолита 5 т/га составила всего 0,2 ц/га, при этом цеолита расходуется в 1,7 раза меньше.

Все полученные образцы растительных масел по органолептическим и физико-химическим показателям отвечали требованиям нормативных документов.

Отмечено накопление жирных кислот в образцах масла на вариантах с применением природного минерала. Внесение цеолита в дозе 3 т/га способствовало накоплению всех жирных кислот в полученных образцах растительного масла по сравнению с контрольным вариантом и при этом не имело отклонений от норм. В образцах масла данного варианта установлен следующий убывающий ряд жирных кислот:  $C_{18:1n9c} > C_{18:2n6c} + C_{18:2n6t} > C_{18:3n6} > C_{16} > C_{18} > C_{20:1} > C_{20:2} > C_{14} > C_{12}$ .

Проведённые исследования позволяют рекомендовать использование природного цеолита Тербунского месторождения в технологии возделывания ярового рапса на маслосемена в дозе 3 т/га.

### Библиографический список

1. Environmental and Varietal Influences on the Fatty Acid Composition of Rapeseed, Soybeans and Sunflowers / M. Werteker, A. Lorenz, H. Johannes [et al]. – Text: electronic // Journal of agronomy and crop science. – 2010. – V. 196. – P. 20-27. – URL: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2009.00393.x>.
2. Nykter, M. Quality characteristics of edible linseed oil / M. Nykter, H-R. Ykter, F. Kymalainen. – Text: electronic // Agricultural and Food Science. – 2006. – V. 4. – P. 402-413. – DOI: <https://doi.org/10.2137/145960606780061443>.

3. Перспективы использования органоминеральных удобрений на посевах ярового рапса / Т. В. Зубкова, О. А. Дубровина, Д. В. Виноградов [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4. – С. 35-40.

4. Zubkova, T. V. The study of rape seed plants development in the rosette phase in the face of organic fertilizers and natural zeolite / T. V. Zubkova, S. M. Motyleva, O. A. Dubrovina. – Tekst: neposredstvennyj // Ecology, Environment and Conservation. – 2020. – V. 26, № 1. – С. 465-470.

5. Мадыбек, Ж. М. Изучение свойств цеолитов применяемых в различных отраслях хозяйства / Ж. М. Мадыбек, Н. А. Ахметов. – Текст: непосредственный // Студенческий научный форум: Материалы V Международной студенческой научной конференции.

6. ГОСТ 30418-96 Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава. Введ. 1998-01-01. – Москва: Стандартинформ России: Изд-во стандартов, 2008. – 12 с. – Текст: непосредственный.

7. Taybebeh Shoja Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.) / Taybebeh Shoja, Majid Majidi-an, Mohammad Rabiee. – Text: electronic // Acta agriculturae slovenica. – 2018. – V. 111, № 1. – DOI: <http://dx.doi.org/10.14720/aas.2018.111.1.08>.

### References

1. Environmental and Varietal Influences on the Fatty Acid Composition of Rapeseed, Soybeans and Sunflowers / M. Werteker, A. Lorenz, H. Johannes [et al]. – Text: electronic // Journal of Agronomy and Crop Science. – 2010. – V. 196. – R. 20-27. – URL: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2009.00393.x>.
2. Nykter, M. Quality characteristics of edible linseed oil / M. Nykter, H-R. Ykter, F. Kymalainen. – Text: electronic // Agricultural and Food Science. – 2006. – V. 4. – R. 402-413. – DOI: <https://doi.org/10.2137/145960606780061443>.
3. Perspektivy ispolzovaniya organomineralnykh udobreniy na posevakh yarovogo rapsa / T.V. Zubkova, O.A. Dubrovina, D.V. Vinogradov [i dr.]. – Tekst: neposredstvennyy // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – No. 4. – С. 35-40.
4. Zubkova, T.V. The study of rape seed plants development in the rosette phase in the face of or-

ganic fertilizers and natural zeolite / T.V. Zubkova, S.M. Motyleva, O.A. Dubrovina. – Tekst: neposredstvennyy // Ecology, Environment and Conservation. – 2020. – V. 26, No. 1. – S. 465-470.

5. Madybek, Zh.M. Izuchenie svoystv tseolitov primenyaemykh v razlichnykh otraslyakh khozyaystva / Zh.M. Madybek, N.A. Akhmetov. – Tekst: neposredstvennyy // Studencheskiy nauchnyy forum: Materialy V Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii.

6. GOST 30418-96 Masla rastitelnye. Metod opredeleniya zhirnokislотного состава. Vved. 1998-01-01. – Moskva: Standartinform Rossii: Izd-vo

standartov, 2008. – 12 s. – Tekst: neposredstvennyy.

7. Tayebeh Shoja Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.) / Tayebeh Shoja, Majid Majidian, Mohammad Rabiee. – Text: electronic // Acta Agriculturae Slovenica. – 2018. – V. 111, No. 1. – DOI: <http://dx.doi.org/10.14720/aas.2018.111.1.08>.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Липецкой области в рамках научного проекта № 19-44-480003.*



УДК 632.651



**А.С. Велегуров, Г.В. Барайщук**  
A.S. Velegurov, G.V. Barayshchuk

## ЗОЛОТИСТАЯ КАРТОФЕЛЬНАЯ НЕМАТОДА В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРИЁМЫ СНИЖЕНИЯ ЕЁ ВРЕДНОСТИ

### GOLDEN NEMATODE IN THE OMSK REGION AND METHODS OF REDUCING ITS HARMFULNESS

**Ключевые слова:** золотистая картофельная нематода (ЗКН), районы Омской области, распространение, идентификация, подкарантинная продукция.

Приводятся данные по распространению золотистой картофельной нематоды в Омской области и применению биологической защиты. Показаны площади выявленных очагов золотистой картофельной нематоды, количество участков обнаружения нематоды, населенных пунктов и районов Омской области с 2013 по 2017 гг. В связи с выявленной тенденцией распространения паразитического организма ставится задача изучения его биологии в условиях Омской области, методов его диагностики и разработки мер защиты. Сов-

местно с Управлением Россельхознадзора проводился отбор почвенных образцов для выявления патогена. Исследования проведены в Омском референтном центре Россельхознадзора, где создана ПЦР лаборатория, входящая в состав лаборатории карантинных фитосанитарных экспертиз и обследований по использованию ПЦР-метода для идентификации выделенных из почвенных образцов нематод. После идентификации вредителя на участках применяли биологические препараты, разработанные Государственным научным центром вирусологии и биотехнологии «Вектор» в лаборатории «Микопро» г. Новосибирска, в борьбе с золотистой картофельной нематодой. Лабораторную диагностику по методам выявления и идентификации проводили согласно стандарту на картофельную цистообразующую